



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102362428 B

(45) 授权公告日 2014. 06. 18

(21) 申请号 201080013047. 1

(22) 申请日 2010. 03. 23

(30) 优先权数据

2009-079402 2009. 03. 27 JP

2009-291025 2009. 12. 22 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 09. 22

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2010/002019 2010. 03. 23

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/109841 EN 2010. 09. 30

(73) 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 小山泰史 关口亮太

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 李颖

(51) Int. Cl.

H03B 7/14 (2006. 01)

(56) 对比文件

EP 0742639 A2, 1996. 11. 13, 全文.

A.L. Karuzskii ET AL.. Microstrip stabilized semiconductor quantum well generator for millimeter and submillimeter wavelength range. 《SUPERLATTICES AND MICROSTRUCTURES, ACADEMIC PRESS》. 1997, 19-23.

Liquan Wang, Edward Wasige. A design procedure for tunnel diode microwave oscillators. 《ICMMT2008 Proceedings》. 2008, 832-834.

审查员 杨继爽

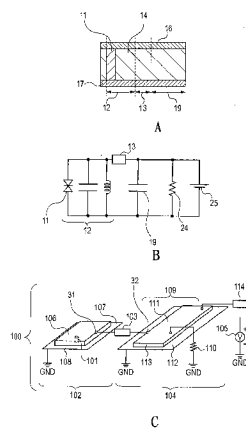
权利要求书2页 说明书10页 附图6页

(54) 发明名称

振荡器

(57) 摘要

振荡器包括：被构建为使得电介质被插入第一和第二导体之间并且使得第一和第二导体与共振隧道二极管电连接的共振器部分；被构建为使得电介质被插入第一和第二导体之间的电容器部分；被配置为相互并联地电连接共振器部分和电容器部分的线路部分；和被配置为相互电连接第一和第二导体的电阻器部分。共振器部分的第一位置和电容器部分的第二位置通过线路部分相互连接，使得第一位置和第二位置在比在共振器部分中共振的电磁波的波长大的波长范围中在电气上基本相互等价。



1. 一种用于使电磁波振荡的振荡器,包括:

共振器部分,包含共振隧道二极管、与共振隧道二极管接触的电介质、以及第一导体和第二导体,所述共振器部分被构建为使得所述电介质被插入第一导体和第二导体之间并且使得第一导体和第二导体与共振隧道二极管电连接;

电容器部分,被构建为使得所述电介质被插入第一导体和第二导体之间;

线路部分,被配置为使所述共振器部分和所述电容器部分相互并联地电连接;以及

电阻器部分,被配置为使得第一导体和第二导体相互电连接;

其中,所述共振器部分的第一位置和所述电容器部分的第二位置通过所述线路部分而相互连接,使得所述第一位置的导纳和所述第二位置的导纳在比在所述共振器部分中共振的电磁波的波长大的波长范围中相互等价。

2. 根据权利要求1的振荡器,

其中,所述共振器部分包含第一电极、第二电极、以及插入第一电极和第二电极之间的第一电介质,

其中,所述电容器部分包含第三电极、第四电极、以及插入第三电极和第四电极之间的第二电介质,以及

其中,所述共振器部分的第一电极上的第一位置和所述电容器部分的第三电极上的第二位置通过所述线路部分而相互连接。

3. 根据权利要求1的振荡器,

其中,在所述共振器部分中共振的电磁波是驻波,以及

其中,所述第一位置是由所述共振隧道二极管产生的电磁波的驻波的节点在所述共振器部分中所位于的位置。

4. 根据权利要求1的振荡器,

其中,当 λ 是在所述共振器部分中共振的电磁波的波长时,所述线路部分的长度等于 $(2m-1) \times \lambda / 4$, 这里, m 是自然数。

5. 根据权利要求1的振荡器,

其中,当 λ 是在所述共振器部分中共振的电磁波的波长并且 λ' 是比 λ 小的波长时,所述线路部分的长度或另一个线路部分的长度等于 $n \times \lambda' / 2$, 这里, n 是自然数。

6. 根据权利要求2的振荡器,

其中,所述电阻器部分被设置在所述电容器部分中的第三电极的外周处。

7. 根据权利要求2的振荡器,

其中,所述电容器部分中的第三电极被布置为沿设置所述共振器部分的平面包围所述共振器部分中的第一电极。

8. 根据权利要求1的振荡器,

其中,多个线路部分被设置。

9. 根据权利要求8的振荡器,

其中,所述多个线路部分关于所述共振器部分被相互对称地布置。

10. 根据权利要求1的振荡器,还包括:

电源,被配置为向所述共振隧道二极管施加电压;以及

馈线,被配置为使所述电源与所述第二位置电连接。

11. 根据权利要求 1 的振荡器，

其中，所述电磁波是太赫兹波，以及

其中，所述共振器部分包含用于使所述太赫兹波振荡的贴片天线。

12. 一种用于使太赫兹波振荡的振荡元件，包括：

共振器部分，包含通过子带之间的载流子跃迁而产生太赫兹波的活性层、与所述活性层电接触的第一导体和第二导体、以及被插入第一导体和第二导体之间并且与所述活性层接触的电介质；

电容器部分，被构建为使得所述电介质被插入第一导体和第二导体之间；

线路部分，被配置为使所述共振器部分和所述电容器部分相互并联地电连接；以及

电阻器部分，被配置为使第一导体和第二导体相互电连接，

其中，所述共振器部分的第一位置和所述电容器部分的第二位置通过所述线路部分而相互连接，使得所述第一位置的导纳和所述第二位置的导纳在比在所述共振器部分中共振的太赫兹波的波长大的波长范围中相互等价。

振荡器

技术领域

[0001] 本发明涉及包含产生电磁波的共振隧道二极管 (resonant tunneling diode, RTD) 的振荡器。

背景技术

[0002] 共振隧道二极管 (RTD) 是产生在 30GHz ~ 30THz 的频率范围中的电磁波 (在本说明书中被称为太赫兹波) 的电流注入型的太赫兹振荡器的例子。RTD 能够使用基于半导体量子阱结构中的子带之间的电子跃迁的电磁波增益在室温产生太赫兹波。

[0003] 专利文献 1 (日本专利公开 No. 2007-124250) 公开了通过在半导体基板上堆积 (accumulate) 由双势垒 (double-barrier) RTD 构成的活性层和平面狭缝天线共振器而形成的太赫兹振荡器。该振荡器在 RTD 的电流 - 电压 (I-V) 特性中的微分负阻 (negative differential resistance) 的范围中通过受激发射 (stimulated emission) 而产生电磁波。

[0004] 对于包含所述 RTD 的太赫兹振荡器, 公知的是发生偏压电路中的寄生振荡。所述寄生振荡是在太赫兹频带 (frequency band) 中除了由共振器的结构所确定的希望的共振频率以外的频率处的振荡。因此, 寄生振荡导致希望的共振频率处的振荡输出的减少。

[0005] 因此, 非专利文献 1 (IEEE Microwave and Guided Wave Letters, Vol. 5, No. 7, July 1995, pp 219-221) 公开了在偏压电源和 RTD 之间布置稳定化电路的方法。所述稳定化电路包括与 RTD 并联地布置的电阻器和电容器, 并且用于减少共振频率以外的所有频率处的共振电路的阻抗。所述稳定化电路位于与 RTD 相距 $\lambda/4$ (λ 是与太赫兹频率范围中的希望的共振频率对应的波长) 之内的位置。

[0006] 专利文献 1 还公开了包括具有铋 (bismuth) 电阻器的结构的并联电阻器和具有金属 - 绝缘体 - 金属 (metal-insulator-metal, MIM) 分层结构的并联电容器的稳定化电路。这些部件与 RTD 和狭缝天线共振器一起被集成在同一基板上, 以产生太赫兹频率范围中的振荡。

[0007] 专利文献 2 (日本专利公开 No. 2006-101495) 公开了在同一基板上集成 RTD 和微带共振器 (包含两个导体和插入两个导体间的电介质的共振器) 的太赫兹振荡器。

[0008] 引文列表

[0009] 专利文献

[0010] 专利文献 1 : 日本专利公开 No. 2007-124250

[0011] 专利文献 2 : 日本专利公开 No. 2006-101495

[0012] 非专利文献

[0013] 非专利文献 1 : IEEE Microwave and Guided Wave Letters, Vol. 5, No. 7, July 1995, pp 219-221

发明内容

[0014] 此外,在专利文献2中公开的太赫兹振荡器中,可以设置在非专利文献1中公开的包含并联电阻器和并联电容器的稳定化电路以抑制寄生振荡。

[0015] 但是,根据专利文献2,如果稳定化电路直接位于与RTD相距 $\lambda/4$ 的位置内,那么共振器的结构将被改变。因此,存在振荡输出水平(level)将被减小的风险。另外,还存在辐射电磁波的图案将被干扰(disturb)的风险。

[0016] 鉴于上述问题,本发明提供这样的太赫兹振荡器:在该太赫兹振荡器中,集成了RTD和诸如微带的共振器,并且该太赫兹振荡器可产生太赫兹频率范围中的稳定振荡。

[0017] 根据本发明的实施例,一种用于使电磁波振荡的振荡器包括:共振器部分,包含共振隧道二极管、与共振隧道二极管接触的电介质以及第一和第二导体,该共振器部分被构建为使得电介质被插入第一和第二导体之间并且使得第一和第二导体与共振隧道二极管电连接;电容器部分,被构建为使得电介质被插入第一和第二导体之间;线路部分,被配置为使得共振器部分和电容器部分相互并联地电连接;以及电阻器部分,被配置为使得第一和第二导体相互电连接。共振器部分的第一位置和电容器部分的第二位置通过线路部分而相互连接,使得第一位置和第二位置在比在共振器部分中共振的电磁波的波长大的波长范围中在电气上基本相互等价。

[0018] 根据本发明的另一实施例,一种用于使太赫兹波振荡的振荡元件包括:共振器部分,包含通过子带之间的载流子跃迁(carrier transition)而产生太赫兹波的活性层、与活性层电接触的第一和第二导体、以及被插入第一和第二导体之间并且与活性层接触的电介质;电容器部分,被构建为使得电介质被插入第一和第二导体之间;线路部分,被配置为使得共振器部分和电容器部分相互并联地电连接;以及电阻器部分,被配置为使得第一和第二导体相互电连接。共振器部分的第一位置和电容器部分的第二位置通过线路部分而相互连接,使得第一位置和第二位置在比在共振器部分中共振的电磁波的波长大的波长范围中在电气上基本相互等价。

[0019] 如上所述,在根据本发明的振荡器中,共振器部分的第一位置和电容器部分的第二位置通过线路部分而相互连接。所述连接被设置为使得第一和第二位置在比在共振器部分中共振的电磁波的波长大的波长范围中在电气上基本相互等价。

[0020] 该结构与在共振器部分上直接布置稳定化电路的结构基本上等价。因此,可以在比共振波长大的波长范围中(在比共振频率低的频率范围中)抑制寄生振荡。因此,可以提高太赫兹频率范围中的振荡输出的稳定性。

附图说明

[0021] 图1A是根据实施例的振荡器的截面图。

[0022] 图1B是示出与根据实施例的振荡器等价的电路的示意图。

[0023] 图1C是示出根据另一实施例的振荡器的结构的示意图。

[0024] 图2A是示出第一例子的外示图(external view)。

[0025] 图2B是沿线IIB-IIV切取的图2A的截面图。

[0026] 图3A是示出导纳(admittance)分析的例子曲线图。

[0027] 图3B是示出导纳分析的结果的例子另一曲线图。

[0028] 图4A是示出根据第一例子的振荡器的变更例的外示图。

- [0029] 图 4B 是示出根据第一例子的振荡器的另一变更例的外视图。
- [0030] 图 5A 是示出根据第二例子的振荡器的示意图。
- [0031] 图 5B 是沿线 VB-VB 切取的图 5A 的截面图。
- [0032] 图 6A 是示出根据第一例子的振荡器的另一变更例的示意图。
- [0033] 图 6B 是示出根据第一例子的振荡器的另一变更例的示意图。

具体实施方式

[0034] 将参照图 1A ~ 1C 来描述根据实施例的振荡器。图 1A 是根据实施例的振荡器的截面图。图 1B 是示出与根据实施例的振荡器等价的电路的示意图。图 1C 是示出根据另一实施例的振荡器的结构的示意图。根据本发明的振荡器（或振荡元件）的结构不限于以下描述的结构。振荡器包括共振器部分 12。共振器部分 12 被构建如下。共振器部分 12 包含用于产生电磁波的共振隧道二极管 (RTD) 11。根据本发明,作为 RTD 的替代,当然可以使用诸如 Gunn 二极管的负阻 (negative resistance) 器件作为产生电磁波（特别是太赫兹波）的活性层。作为替代方案,根据本发明,可以使用通过子带之间的载流子跃迁而产生电磁波的活性层（例如,量子级联激光器 (quantum cascade lasers)）作为产生电磁波（特别是太赫兹波）的活性层。共振器部分 12 还包含电介质 14,该电介质 14 与共振隧道二极管 (RTD) 11 接触。共振器部分 12 具有电介质 14 被插入第一导体 16 和第二导体 17 之间的结构。第一导体 16 和第二导体 17 与共振隧道二极管 (RTD) 11 电连接。如后面将参照图 1C 详细描述的那样,共振器部分 12 可被构建为使得第一电介质 108 被插入第一电极 106 和第二电极 107 之间。

[0035] RTD 11 在其电流 - 电压特性中具有微分负阻。被插入第一导体 16 和第二导体 17 之间的电介质 14 具有基于第一导体 16 和第二导体 17 之间的距离及其截面面积而确定的电容 C。电介质 14 还具有基于第一导体 16 和第二导体 17 的长度而确定的电感 L。RTD 11 和共振器部分 12 相互并联地电连接。共振电路由 RTD 11、电容 C 和电感 L 形成。

[0036] 上述的电磁波可以是在 30GHz ~ 30THz 的频率范围中的电磁波。在本说明书中,这样的电磁波也被称为太赫兹波。

[0037] 振荡器还包括电容器部分 19。电容器部分 19 具有电介质 14 被插入第一导体 16 和第二导体 17 之间的结构。被插入第一导体 16 和第二导体 17 之间的电介质 14 具有基于第一导体 16 和第二导体 17 之间的距离及其截面面积而确定的电容。如后面将参照图 1C 详细描述的那样,电容器部分 19 可被构建为使得第二电介质 113 被插入第三电极 111 和第四电极 112 之间。

[0038] 振荡器还包括线路部分 13。线路部分 13 被构建为使得共振器部分 12 和电容器部分 19 相互并联地电连接。

[0039] 电阻器部分 24 被设置为与电容器部分 19 电气并联。电阻器部分 24 与第一导体 16 和第二导体 17 电连接。

[0040] 共振器部分 12 的第一位置 31 (端口 1) 和电容器部分 19 的第二位置 32 (端口 2) 通过线路部分 13 而相互连接。所述连接被设置为使得第一位置 31 和第二位置 32 在比在共振器部分 12 中共振的电磁波（驻波 (standing wave)）的波长大的波长范围中在电气上相互等价。该结构基本上与在共振器部分上直接布置稳定化电路的结构等价。

[0041] 因此,可以在比共振波长大的波长范围中(在比共振频率低的频率范围中)抑制寄生振荡。因此,可以提高太赫兹频率范围中的振荡输出的稳定性。另外,在根据本发明的实施例的振荡器中,可通过调整线路部分 13 的长度和电容器部分 19 的电容来调整可产生振荡的频率范围。

[0042] 如后面将参照图 1C 详细描述的那样,共振器部分 12 中的第一电极 106 上的第一位置 31 和电容器部分 19 中的第三电极 111 上的第二位置 32 可通过线路部分 13 而相互连接。

[0043] 线路部分 13 可以是 $\lambda/4$ 线。 $\lambda/4$ 线是具有基本上等于 $\lambda/4$ 的长度的线,这里, λ 是在共振器部分 12 中共振的共振电磁波(驻波)的波长。 λ 可以是与希望的振荡频率对应的波长。在线路部分 13 是 $\lambda/4$ 线的情况下,线路部分 13 可与共振器部分 12 在其任意的位置处连接。第一位置 31(端口 1)可位于在共振器部分 12 中共振的驻波的节点(node)处。在这种情况下,线路部分 13 的长度可被设为任意的长度。

[0044] 如在以下参照图 1C 描述的实施例中那样,可通过不同的导体(第一电极 106、第三电极 111 和线 103)构成第一导体 16。因此,第一导体 16 不被特别地限制,只要第一导体 16 在共振器部分 12、电容器部分 19 和线路部分 13 之间是电气均匀的即可。电阻器部分 24 优选地被设置在电容器部分 19 中的第三电极 111 的外周处。电容器部分 19 中的第三电极 111 可被构建为沿设置共振器部分 12 的平面包围共振器部分 12 中的第一电极 106。另外,可设置多个线路部分 13,并且可关于共振器部分 12 相互对称地布置这些线路部分 13。另外,可设置向 RTD 11 施加电压的电源 25 和电连接电源 25 与第二位置 32 的馈线(feeder line)114。共振器部分 12 可包含贴片天线(patch antenna)。以下将参照图 1C 详细地描述这些结构。作为将电磁波辐射到空间中的替代,根据本发明的振荡器也可被构建为使得该振荡器产生电磁波作为高频信号。

[0045] 将参照图 1C 描述根据另一实施例的振荡器 100。该振荡器 100 主要包括 RTD 101、共振器 102、线 103、稳定化电路 104 和偏压电源 105。

[0046] 在根据本实施例的振荡器 100 中,共振器 102 包含两个电极和被插入两个电极之间的电介质。共振器 102 中的第一电极 106 和电容器部分 109 中的第三电极 111 在共振器 102 中共振的驻波的节点处通过线 103 而相互连接。因此,在第三电极 111 上出现在比共振波长 λ 大的波长范围中在电气上与第一电极 106 上的端口 1 等价的端口 2。并联电阻器部分 110 与端口 2 连接。这基本上与稳定化电路 104 接入到端口 1 中的状态等价。由于设置了线 103,因此,稳定化电路 104 不导致在共振器 102 中共振的驻波的损失。首先,将描述共振器 102(共振器部分 12)。共振器 102 包含第一电极 106、第二电极 107 和第一电介质 108。第一电介质 108 被插入第一电极 106 和第二电极 107 之间,并且,第一电介质 108 中的电磁波形成驻波。RTD 101 例如被设置在第一电介质 108 中,并且与第一电极 106 和第二电极 107 电连接,使得偏压被提供。电极 106 和 107 可由导电板(conductive plate)(良好的导体)构成,并且希望由金属板构成。

[0047] 稳定化电路 104 包含电容器部分 109(电容器部分 19)和并联电阻器部分 110(电阻器部分)。电容器部分 109 包含第三电极 111、第四电极 112 和第二电介质 113。第二电介质 113 被插入第三电极 111 和第四电极 112 之间,并且,电容器部分 109 具有金属-绝缘体-金属(MIM)电容器结构,其中在所述金属-绝缘体-金属(MIM)电容器结构中,金属

层、电介质层和金属层依次被层叠在一起。希望电容器部分 109 的电容尽可能地大。因此,第二电介质 113 可由具有高的介电常数和小的厚度的材料制成。第二电极 107 和第四电极 112 具有相同的静电电势,并且在本实施例中接地。并联电阻器部分 110 是在电流-电压特性中具有线性或非线性电阻特性的电阻器。并联电阻器部分 110 的一端与第三电极 111 连接,其另一端接地。偏压电源 105(电源 25)的一端通过馈线 114 与第三电极 111 连接,其另一端接地。

[0048] 为了向 RTD 101 供给偏压,需要连接偏压电源 105 与共振器 102 中的第一电极 106。在这种情况下,要求不在共振器 102 中的共振电磁场中导致损失,并且不出现对于辐射的电磁波的图案的干涉(interference)。非专利文献 1 公开了在 RTD 101 和偏压电源 105 之间设置并联电容器和并联电阻器的稳定化电路的结构。

[0049] 根据本实施例的振荡器,通过用线 103 相互电连接共振器 102 和电容器部分 109 来满足上述要求。线 103 的一端与第一电极 106 上的定位在共振器 102 中共振的电磁场中的驻波的节点的端口 1 连接。线 103 的另一端与电容器部分 109 的第三电极 111 上的端口 2 连接。

[0050] 线 103 的长度 L 可以为 $\lambda/4$ ($\lambda/4$ 线)。在这种情况下,可以有效地减少来自天线共振器的高频波的泄漏。另外,可以减少 RTD 101 的串联电阻成分。

[0051] 这可以从端口 1 的导纳 Y_{11} 来理解,端口 1 的导纳 Y_{11} 可被计算如下。

[0052] (式 1)

$$Y_{11} = Y_{103}(Y_{22} + jY_{103}\tan(\beta \times L)) / (Y_{103} + jY_{22}\tan(\beta \times L)) \quad (1)$$

[0054] 在上式中, β 是 $2\pi/\lambda$, Y_{103} 是线 103 的特性导纳。端口 2 的导纳 Y_{22} 可被确定为电容器部分 109 和并联电阻器部分 110 的组合导纳。根据式 (1) 的解,端口 1 和端口 2 在比共振波长大的波长范围中基本在电气上相互等价,并且,该结构与稳定化电路 104 与端口 1 连接的结构基本上等价。从图 3A 所示的分析结果的例子可以清楚地看出,当线 103 的长度 L 例如正好等于 $\lambda/4$ 时, Y_{11} 最小。因此,不因稳定化电路 104 在共振器 102 中的共振电磁场中导致损失。在这种情况下,不需将损失水平减至零,只要损失水平小于或等于一定的水平即可。因此,线 103 的长度 L 可被设为接近 $\lambda/4$ 的长度。除了 $\lambda/4$ 以外,长度 L 还可被设为通过将 $\lambda/4$ 乘以 $(2m-1)$ (这里, m 是自然数) 而获得的 $3 \times \lambda/4$ 、 $5 \times \lambda/4$ 等。另外,如果端口 1 位于在共振器 102 中共振的电磁场中的驻波的节点处,那么线 103 的长度可被设为任意长度。例如,当长度 L 被设为约 $\lambda_2/2$ 时,高频 (λ) 处的寄生振荡可被抑制。这里, λ 是驻波的波长,并且, λ_2 是在共振器 102 中共振的电磁波的波长,并且满足 $\lambda_2 < \lambda$ 。除了 $\lambda_2/2$ 以外,长度 L 还可被设为通过将 $\lambda_2/2$ 乘以 n (n 是自然数) 而获得的 λ_2 、 $3 \times \lambda_2/2$ 等。线 103 的宽度被设定为使得线 103 的特征阻抗可增加,并且,线 103 不用作 RTD 101 的大的串联电阻。

[0055] 在比共振波长 (λ) 大的波长范围中,由于电容器部分 109,端口 2 被扩展到第三电极 111 的整个区域。因此,在本实施例中,例如,并联电阻器部分 110 和馈线 114 可在第三电极 111 上的任意位置处与第三电极 111 连接。如果并联电阻器部分 110 和馈线 114 可被布置在第三电极 111 上的任意位置处,那么可以容易地在振荡器 100 中布置稳定化电路 104 和来自偏压电源 105 的引线。

[0056] 根据非专利文献 1,并联电阻器的电阻可等于或稍小于微分负阻的绝对值。更具体

而言,该电阻可被设为几欧姆到几十欧姆。为了从诸如金属或合金的相对稳定的电阻器获得这样的电阻,以几十到几百微米的量级设定所述电阻器的尺寸。因此,并联电阻器的尺寸接近共振器 102 的尺寸(以 100 微米的量级)。如果并联电阻器部分 110 被设置在 RTD 101 附近,那么具有存在以下这样的情况的高的可能性:将出现对于辐射电磁波的图案的干涉。由于并联电阻器的电阻较低,因此,当电流在振荡操作中流过其中时,并联电阻器发热。因此,如果并联电阻器部分 110 被设置在 RTD 101 附近,那么存在 RTD 101 的特性将因为热而改变的可能性。另外,由于部件的规模(scale),难以在使共振器 102 中的共振电磁场中的损失最小化的同时直接连接共振器 102 和用于供给偏压的引线。但是,在振荡操作中,必须从偏压电源 105 向用作振荡源的 RTD 101 供给偏压。

[0057] 在根据本实施例的振荡器 100 中,共振器 102 和电容器部分 109 通过线 103 而相互连接,使得并联电阻器部分 110 和馈线 114 的连接点可扩展到第三电极 111 的整个区域。这允许实现不导致对于辐射电磁波的图案(pattern)的干涉的通用(versatile)布局。例如,即使当并联电阻器部分 110 较大并具有较低的电阻时,并联电阻器部分 110 也可在远离 RTD 101 的位置被布置在第三电极 111 的外周处。作为结果,可以在不导致 RTD 101 被热影响的情况下抑制寄生振荡,并且,可以提高振荡操作的稳定性。

[0058] 因此,根据本实施例的振荡器 100 的结构,虽然共振器由两个电极和电介质构成,但是,可以在使共振电磁场的损失和对于辐射的电磁波的图案的干涉最小化的同时设置稳定化电路 104。因此,可从偏压电源 105 向共振器 102 中的 RTD 101 供给偏压,并且,可通过稳定化电路 104 抑制寄生振荡。作为结果,本实施例的振荡器 100 能够在太赫兹范围中执行振荡操作。

[0059] 共振器 102 可被整形(shape),使得第三电极 111 包围第一电极 106。作为替代方案,电容器部分 19 中的第一导体 16 的一部分可被布置为沿设置共振器部分 12 的平面包围共振器部分 12 中的第一导体 16 的一部分。在这种情况下,可以在整形后的状态中从共振器发射电磁波。

[0060] 另外,可以设置多个线 103(线路部分 13),并且,可以沿左右方向关于共振器 102 相互对称地布置这些线 103。共振器 102 不被特别限制,只要共振器 102 包含两个电极和设置在其间的电介质即可。例如,可以使用微带共振器、贴片天线等。

[0061] 例子

[0062] 现在将详细描述本发明的例子。

[0063] 第一例子

[0064] 将参照图 2A ~ 4B 描述根据第一例子的振荡器。图 2A 是示出第一例子的外视图。图 2B 是示出第一例子的截面图。图 3A 和图 3B 是示出根据第一例子的振荡器的导纳分析的结果的例子的曲线图。图 4A 和图 4B 是示出第一例子的变更方式的外视图。

[0065] 现在将描述根据第一例子的振荡器 200 的结构。根据第一例子的振荡器 200 是在基板 230 上形成的太赫兹振荡器,并且主要由 RTD201、贴片天线共振器 202、线 203a 和 203b、MIM 结构 209、以及铂电阻器 210 构成。

[0066] RTD 201 具有三势垒量子阱结构。

[0067] 第一势垒层:AlAs, 1.3nm

[0068] 第一量子阱层:InGaAs, 7.6nm

[0069] 第二势垒层 :InAlAs, 2.6nm

[0070] 第二量子阱层 :InGaAs, 5.6nm

[0071] 第三势垒层 :AlAs, 1.3nm

[0072] 第一量子阱层、第二势垒层和第二量子阱层由与 InP(100) 表面晶格匹配 (lattice-matched) 的 InGaAs/InAlAs(未示出) 制成。第一势垒层和第三势垒层由不与 InP 晶格匹配的 AlAs 制成。第一和第三势垒层比临界膜薄, 并且用作高能量势垒。三势垒量子阱结构被由非掺杂的 InGaAs 制成的隔离 (spacer) 层(未示出) 和由 n-InGaAs 制成的电气接触层(未示出) 从上面和下面夹着。另外, 这样获得的结构被由重度掺杂的 n++InGaAs 制成的接触层 220a 和 220b 从上面和下面夹着。由此, 获得 RTD 201。RTD 201 具有直径为约 2 微米的台面 (mesa) 结构, 并且通过使用氯化杀虫剂 (chlorinated pesticide) 的 ICP-RIE 方法来形成。RTD 201 在其上部分和下部分处与作为上部电极层 221 的一部分的第一电极 206 和与接触层 220b 连接的 GND 电极 207 电连接。因此, 可向 RTD 201 供给振荡操作所需的偏压。由于光子辅助隧穿 (tunneling) 现象, 根据第一例子的 RTD 201 提供电流密度为 $J_p = 280\text{kA}/\text{cm}^2$ 、峰值 - 谷值比约为 3、并且微分负阻约为 -22 欧姆的电流 - 电压特性。

[0073] 根据第一例子的贴片天线共振器 202 能够有效地向空间发射太赫兹波, 并且, 在制造阵列共振器或高输出水平共振器的情况下, 贴片天线共振器 202 的共振器结构是有利的。在贴片天线共振器 202 中, 确定振荡频率的因素包含材料和结构的参数, 例如电介质材料的类型和厚度、贴片天线的各边的长度、以及 RTD 的尺寸和位置。贴片天线共振器 202 包含第一电极 206、GND 电极 207 和电介质层 208。电介质层 208 被插入第一电极 206 和 GND 电极 207 之间, 并且, 在第一电极 206 和 GND 电极 207 之间的电介质中形成驻留的电磁波。第一电极 206 是上部电极层 221 的一部分, 并且以 150 微米 × 150 微米正方形的图案被形成成为导电贴片。RTD 201 被嵌入电介质层 208 中, 并且被第一电极 206 和 GND 电极 207 从上面和下面夹着。RTD 201 被设置在沿线 IIB-IIB 从第一电极 206 的中心位移 40 微米的位置处, 使得在贴片天线共振器 202 和 RTD 201 之间实现阻抗匹配。

[0074] 上部电极层 221 由通过剥离方法形成的 Ti/Pd/Au (20nm/20nm/200nm) 的金属层构成, 并且已知为重度掺杂的 n++InGaAs 上的低电阻欧姆电极。在第一例子中, 在上部电极层 221 中相互一体化地形成第一电极 206、第三电极 211、层部分 223a 和层部分 223b。

[0075] 电介质层 208 由已知为对于高频电磁波的低损失材料的苯并环丁烯 (benzocyclobutene, BCB) 制成。电介质层 208 具有 3 微米的厚度, 并且通过旋涂 (spin coating) 和干法蚀刻而形成。电介质层 208 用于使上部电极层 221 与 GND 电极 207 对于直流相互绝缘。在第一例子中, 在电介质层 208 中相互一体化地形成与图 1C 所示的共振器 102 中的第一电介质 108、电容器中的第二电介质 113 以及线 103 中的电介质(未示出) 对应的那些部件。GND 电极 207 由通过剥离方法形成的 Ti/Pd/Au/Ti (20nm/20nm/200nm/20nm) 的金属层构成。GND 电极 207 与图 1C 所示的具有相同电势的第二电极 107 和第四电极 112 对应, 并且 GND 电极 207 接地。GND 电极 207 通过由导线接合而形成的 GND 线 225 与被布置在例如印刷板 227 上的 GND 线 226 连接。

[0076] 在根据第一例子的振荡器 200 中, 具有 $\lambda/2$ 贴片的贴片天线共振器 202 的振荡频率约为 0.4THz。线 203a 和 203b 是微带线, 其中, 电介质层 208 被插入 GND 电极 207 与在上

部电极层 221 中以一定的图案被形成的层部分 223a 和 223b 之间。以 12 微米 $\times$ 75 微米矩形的图案（即，以作为微带线的线 203a 和 203b 关于 0.4THz 的振荡频率用作 $\lambda/4$ 线的形状）来形成层部分 223a 和 223b 中的每一个。在第一例子中，层部分 223a 和 223b 基本上在其中心位置处与第一电极 206 连接，使得线 203a 和 203b 被设置在与共振电磁场的驻波的节点对应的位置处。由于沿左右方向关于贴片天线共振器 202 相互对称地布置线 203a 和 203b，因此，可以减少布线电阻。

[0077] MIM 结构 209 与图 1C 中的电容器部分 109 对应，并且由第三电极 211、GND 电极 207 和电介质层 208 构成。MIM 结构 209 被形成使得电介质层 208 被插入第三电极 211 和 GND 电极 207 之间。第三电极 211 是上部电极层 221 的一部分，并且以使得从 1,200 微米 $\times$ 2,000 微米矩形切出 300 微米 $\times$ 300 微米正方形的图案被形成以获得几 pF 的电容。根据 MIM 结构 209 的电容和贴片天线共振器 202 中的天线的形状来适当地设计第三电极 211 的形状。在如第一例子中那样第三电极 211 被布置为使得第三电极 211 沿左右方向关于贴片天线共振器 202 对称并且使得第三电极 211 包围贴片天线共振器 202 的情况下，部件对于从贴片天线辐射的电磁波的图案的不平衡影响可被抑制，并且，电磁波图案可被更适当地整形。

[0078] 在第一例子中，铍电阻器（并联电阻器）210 与图 1C 中的并联电阻器部分 110 对应。铍电阻器 210 在其一端处与第三电极 211 的外周部分连接，并且在其另一端处与 GND 电极 207 连接。铍电阻器 210 由作为半金属的铍制成。为了获得 20 欧姆的电阻，通过剥离方法形成厚度为 1 微米的 200 微米 $\times$ 200 微米铍膜。并联电阻器也可以是由诸如镍铬合金（nickel chrome）的金属、导电树脂等制成的线性电阻器，或者是由半导体制成的非线性电阻器。通过导线接合而形成的馈线 214 的一端在适当的位置处与第三电极 211 连接，并且，另一端与印刷板 227 上的信号线 224 连接。

[0079] 图 3A 和图 3B 分别表示上述的第一例子的结构中的端口 1 和端口 2 处的导纳 Y_{11} 和 Y_{22} 的分析结果。如图 3A 所示，端口 1 和端口 2 在 20GHz 或更小的频率范围中相互电气等价。即，在 20GHz 或更小的范围内，第一例子的结构与稳定化电路和端口 1 相连接的结构等价。另外，由于线 203a 和 203b 的长度 L 为 $\lambda/4$ ，因此，当频率等于振荡频率（即，0.4THz）时，导纳 Y_{11} 的大小最小并且可被忽略。在如第一例子那样调整线 203a 和 203b 的长度 L 以及 MIM 结构（电容器部分）209 的电容的情况下，寄生振荡可被抑制的频率范围小于或等于 0.1THz。这是由于，当频率小于或等于 0.1THz 时，导纳 Y_{11} 和 RTD 201 中的并联共振电路满足下面的能够抑制寄生振荡的条件（寄生振荡抑制条件）。

[0080] （式 2）

$$[0081] \quad \operatorname{Re}[Y_{\text{RTD}}] + \operatorname{Re}[Y_{11}] > 0 \quad (2)$$

[0082] 在上式中， $\operatorname{Re}[Y_{\text{RTD}}]$ 是 RTD 201 的导纳的实部，并且等于负阻的倒数，即，在第一例子中为 $1/-22 \Omega^{-1}$ 。从式 (1) 可以清楚地看出，随着电容增大，满足寄生振荡抑制条件的最大频率减小。另外，随着线 203a 和 203b 的长度 L 增大，满足寄生振荡抑制条件的最大频率减小。但是，长度 L 具有 $\lambda/2$ 的上限。如上所述，根据本发明的振荡器，可以调整可产生振荡的频率范围和要抑制振荡的频率范围。

[0083] 在图 2A 和图 2B 所示的振荡器 200 中，从偏压电源 205 向信号线 224、馈线 214、第三电极 211、线 203a 和 203b、第一电极 206、以及 RTD 201 依次供给偏压。此时，馈送电所需

的各部件与贴片天线共振器 202 中的共振电磁场中的损失最小化。另外,稳定化电路用于抑制包含 RTD 201 和贴片天线共振器 202 的共振电路中的寄生振荡。

[0084] 如上所述,根据第一例子的振荡器 200 被构建为使得,在使共振电磁场中的损失最小化的同时,可将稳定化电路与 RTD 201 和贴片天线共振器 202 集成在一起。因此,根据第一例子的振荡器 200 能够抑制寄生振荡并执行太赫兹范围中的振荡操作。

[0085] 作为第一例子的变更例,图 4A 表示贴片天线共振器 302a 不被 MIM 结构 209 包围的结构。另外,图 4B 表示贴片天线共振器 302b 与单个线 303 连接的结构。

[0086] 另外,如在图 6A 所示的振荡器 500 中那样,线 503 可被形成为 $\lambda/4$ 线,并且可在任意的位置处与共振器 102 连接。在这种情况下,如作为导纳分析的结果的例子的图 3A 所示,导纳在 $(2m-1) \times \lambda/4$ (这里, m 是自然数) 的周期处减小到相对极小值 (relative minimum),因此,稳定化电路不用作共振器中的驻波的损失。另外,如在图 6B 所示的振荡器 600 中那样,可以在共振器 102 中共振的电磁场中的驻波 (波长 λ) 的节点处布置具有约 $\lambda_2/2$ 的线长的线 607。作为典型的例子, λ_2 (或 λ') 是在共振器 102 中共振的电磁波中的高次共振点处的电磁波的波长。另外, λ (或 λ) 是在共振器 102 中共振的电磁波中的基本共振点处的电磁波的波长,并且满足 $\lambda_2 < \lambda$ 。在这种情况下,如作为导纳分析的结果的例子的图 3A 和图 3B 所示,导纳在 $n \times \lambda_2/2$ (n 是自然数) 的周期增大,并且,即使在比 λ 高的频率 (λ_2) 处,也满足式 (2)。因此,可以抑制共振器 102 特有的高次振荡。

[0087] 作为包含两个电极和插入其间的电介质的共振器的另一例子,也可使用狭缝天线共振器,狭缝天线共振器适于要增大根据第一例子的振荡器的频率的情况。另外,当在单个基板上以阵列布置具有根据本发明的结构的多个振荡器的情况下,可提供可以更高的输出水平产生太赫兹电磁波的振荡器。可通过已知的半导体工艺制造这种结构。

[0088] 在第一例子中,使用包含由在 InP 基板上形成的 InGaAs/InAlAs 和 InGaAs/AlAs 制成的各层的三势垒共振隧道二极管作为 RTD 201。但是,结构和材料不限于上述的例子,并且,根据本发明的半导体元件也可以是其它结构和材料的组合。例如,也可使用具有双势垒量子阱结构的共振隧道二极管,或者使用具有带有四个或更多个势垒的多势垒量子阱结构的共振隧道二极管。关于材料,可以组合使用在 GaAs 基板上形成的 GaAs/AlGaAs、GaAs/AlAs 或 InGaAs/GaAs/AlAs、在 InP 基板上形成的 InGaAs/AlGaAsSb、在 InAs 基板上形成的 InAs/AlAsSb 或 InAs/AlSb、在 Si 基板上形成的 SiGe/SiGe 等。可根据希望的频率等适当地选择结构和材料。在本发明的以上的描述中,假定载流子是电子。但是,本发明不限于此,并且,载流子也可以是空穴。另外,可根据其应用选择基板 230 的材料。例如,也可使用半导体基板 (例如硅基板、砷化镓 (gallium arsenide) 基板、砷化铟 (indium arsenide) 基板或磷化镓 (gallium phosphide) 基板)、玻璃基板、陶瓷基板、树脂基板等。

[0089] 第二例子

[0090] 将参照图 5A 和图 5B 描述第二例子,在第二例子中,共振器具有波导结构。根据第二例子的振荡器包括具有等离子波导结构的共振器。等离子波导结构被构建为使得各 RTD 401 被设置在共振器中,所述共振器包含两个电极 406 和 407 及被插入其间的电介质层 408。根据第二例子,振荡器的输出水平可增大。在图 5A 和图 5B 中,附图标记 414 表示馈线。

[0091] 可沿与图面垂直的方向连续地形成各 RTD 401 (未示出)。另外,如图 5A 和图 5B

所示,可以在共振器中周期性地布置 RTD 401。在这种情况下,根据第二例子的振荡器可被构建为使得多个线(例如,线 403a 和 403b)与相应的端口 1 连接,在电磁场中共振的驻波的节点位于所述相应的端口 1 处。作为典型的例子,所述线可包含第一线和第二线(与第一线不同),所述第一线用于抑制比基本共振点处的电磁波的波长 λ 长的波长范围中的电磁波,所述第二线用于抑制高次共振点处的具有波长 λ' (λ' 小于 λ) 的电磁波。此时,第一线的长度接近 $(2m-1) \times \lambda / 4$ (m 是自然数),并且,第二线的长度接近 $n \times \lambda' / 2$ (n 是自然数)。可通过已知的半导体工艺制造这种结构。

[0092] 虽然已参照示例性实施例说明了本发明,但应理解,本发明不限于公开的示例性实施例。以下的权利要求的范围应被赋予最宽的解释以包含所有的变更方式以及等同的结构和功能。

[0093] 本申请要求在 2009 年 3 月 27 日提交的日本专利申请 No. 2009-079402 和在 2009 年 12 月 22 日提交的日本专利申请 No. 2009-291025 的权益,在此以引用方式将其全部内容并入本文。

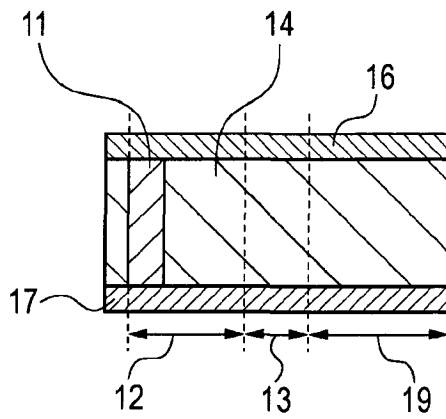


图 1A

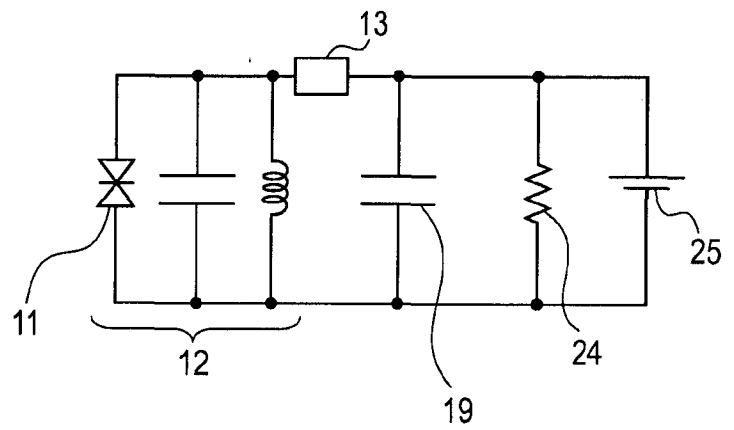


图 1B

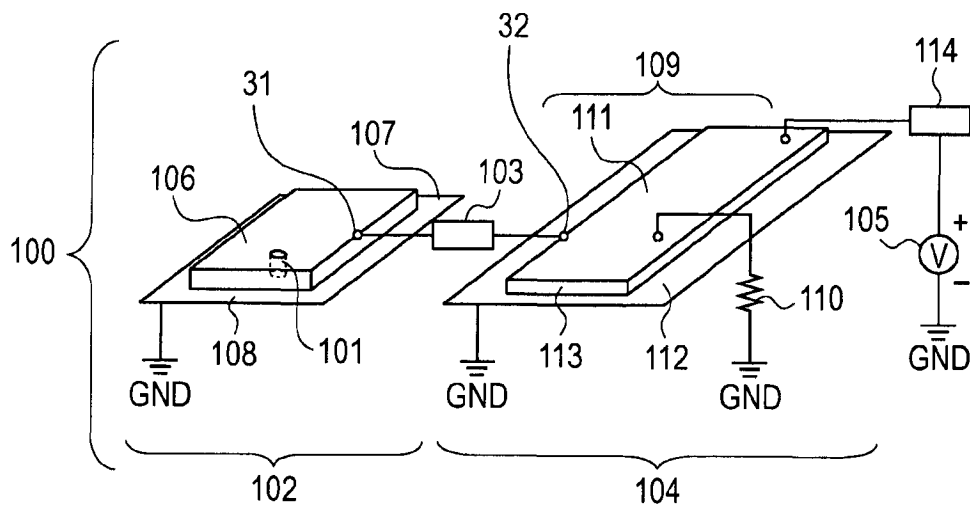


图 1C

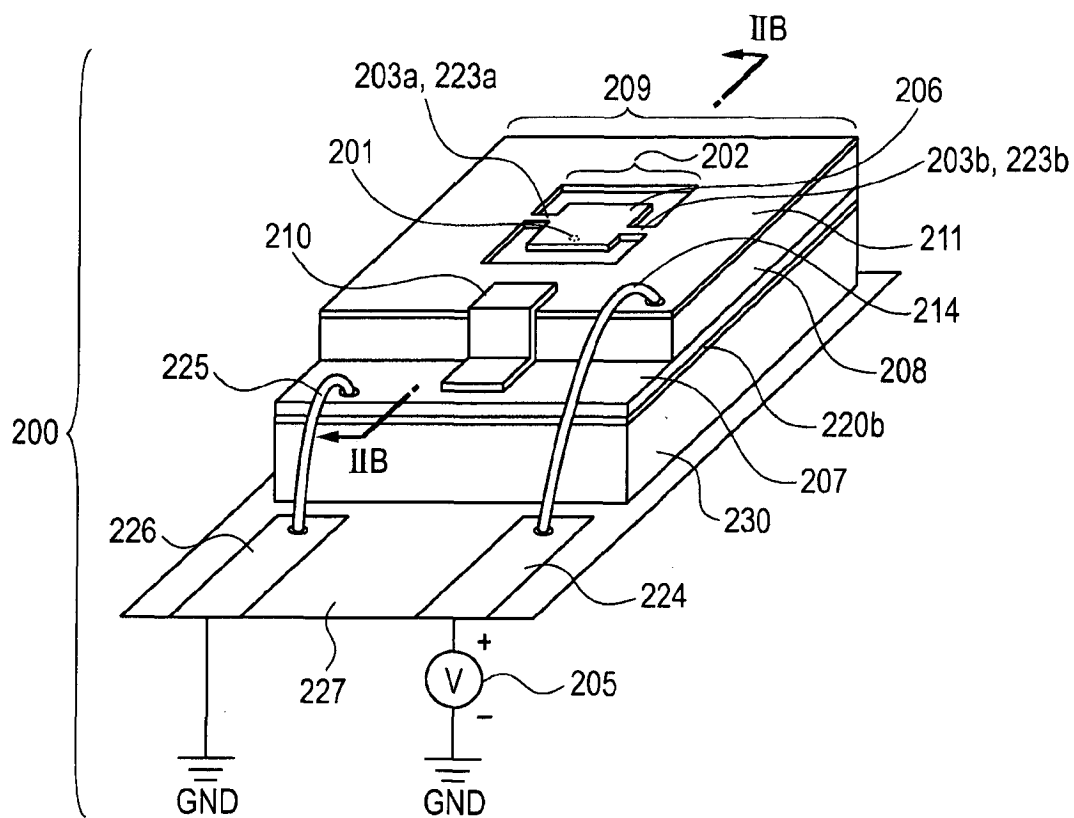


图 2A

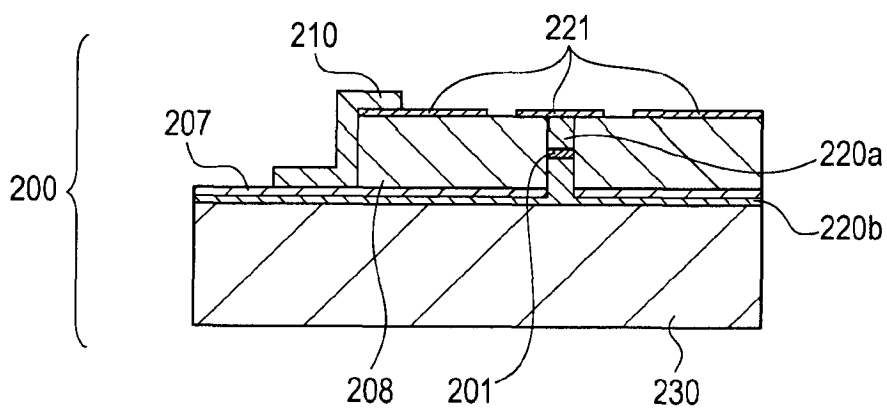


图 2B

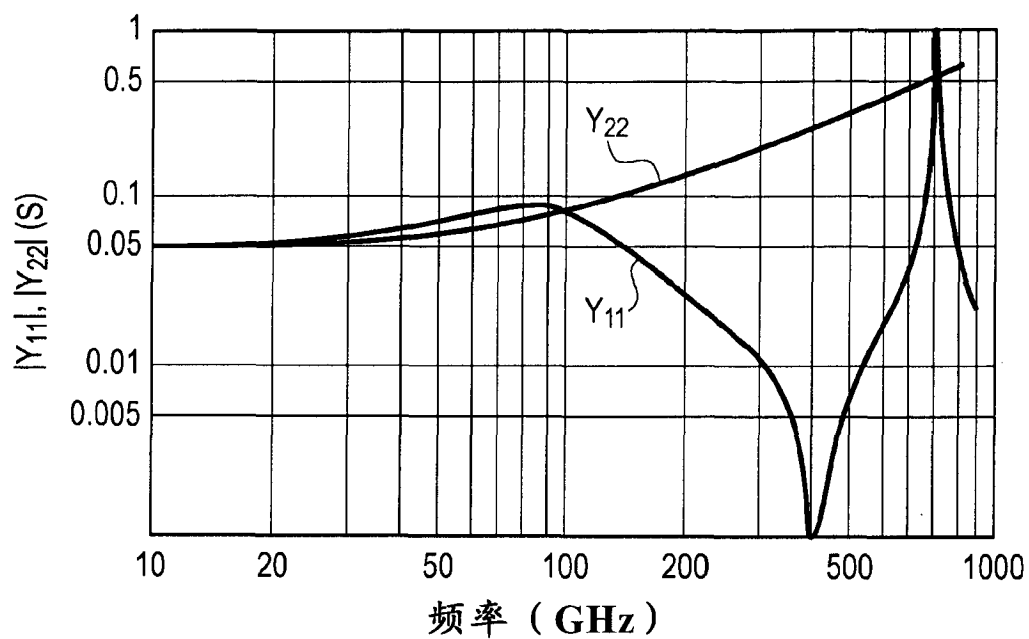


图 3A

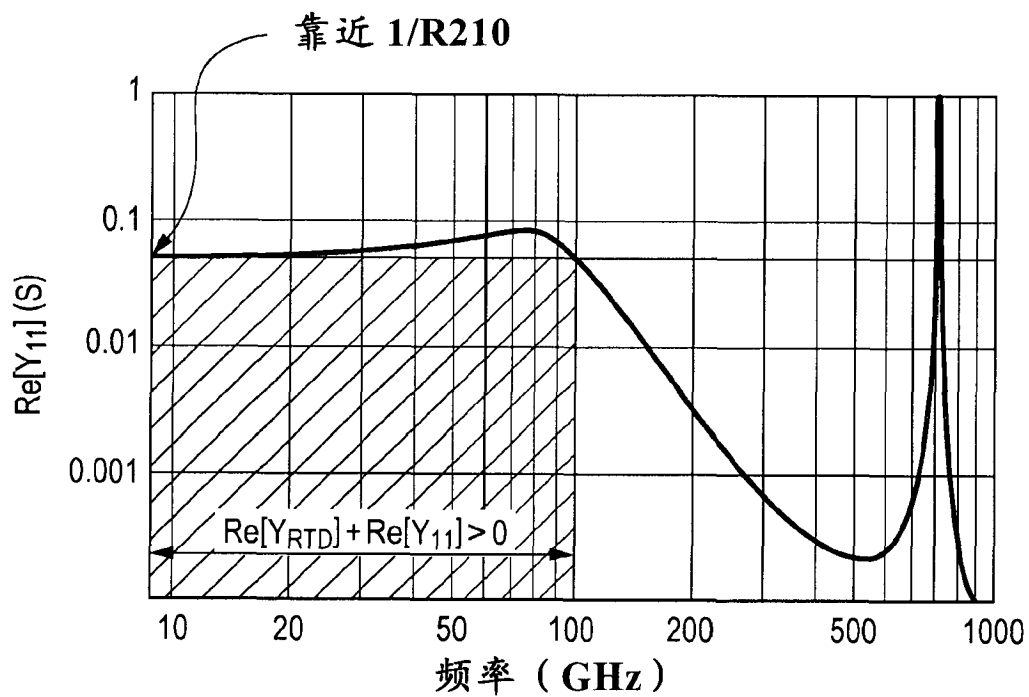


图 3B

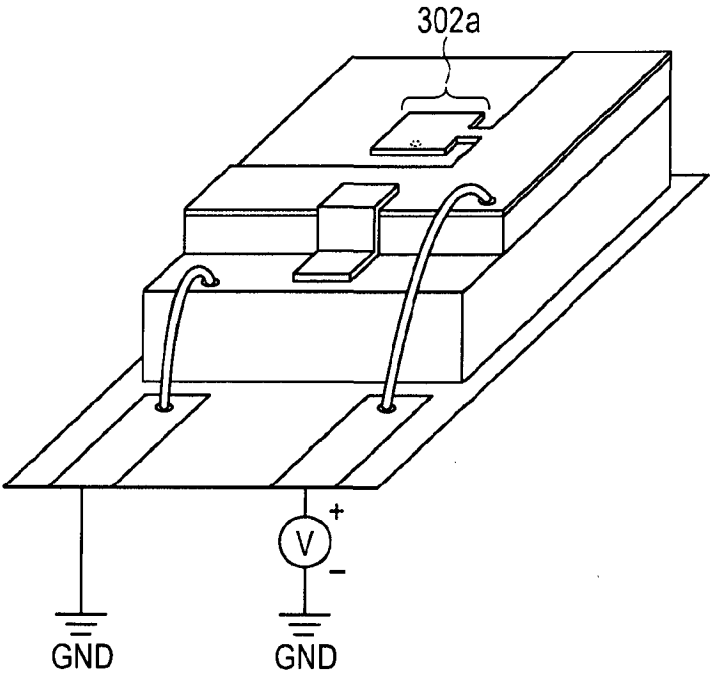


图 4A

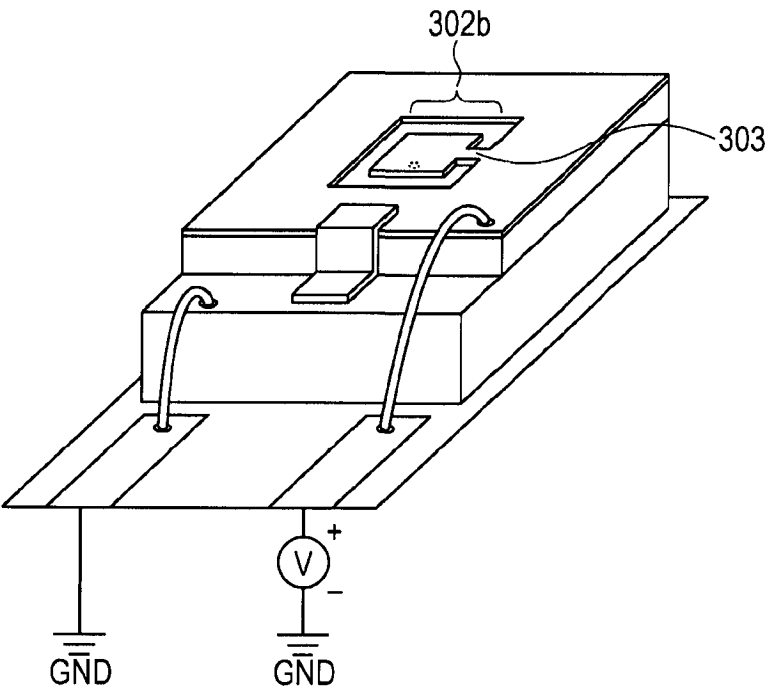


图 4B

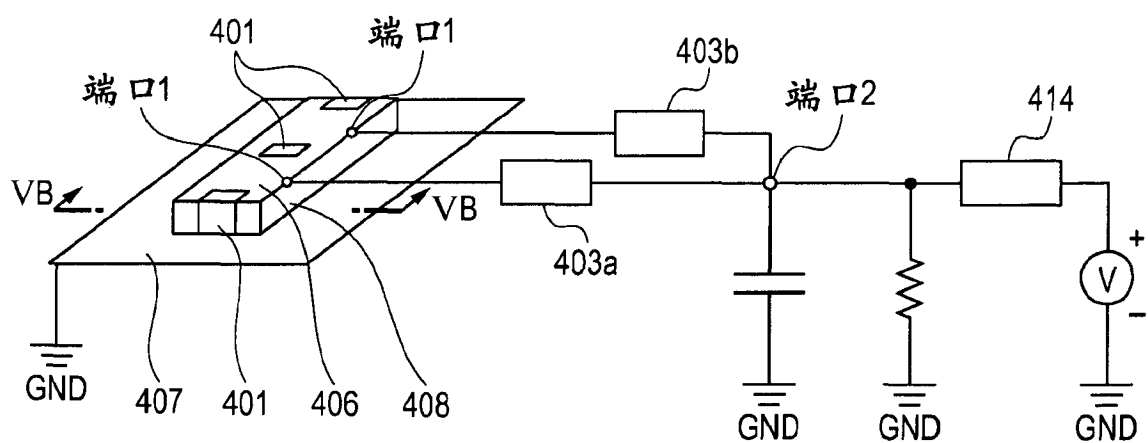


图 5A

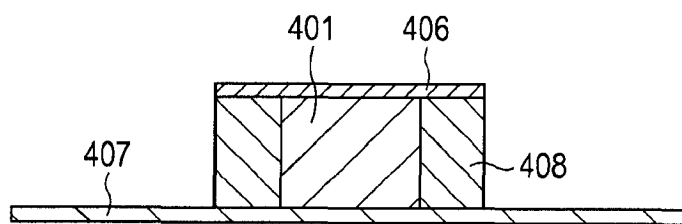


图 5B

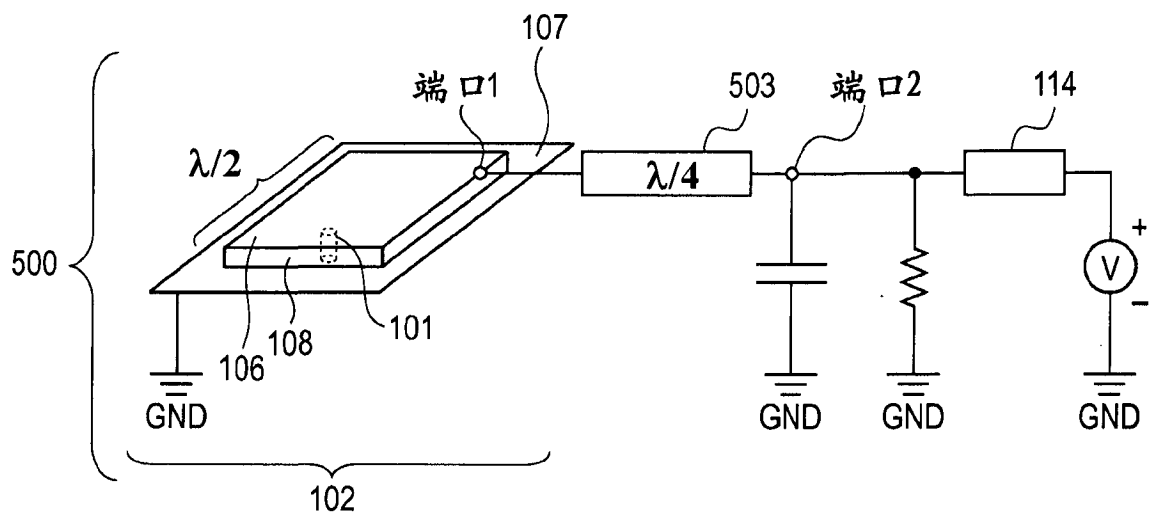


图 6A

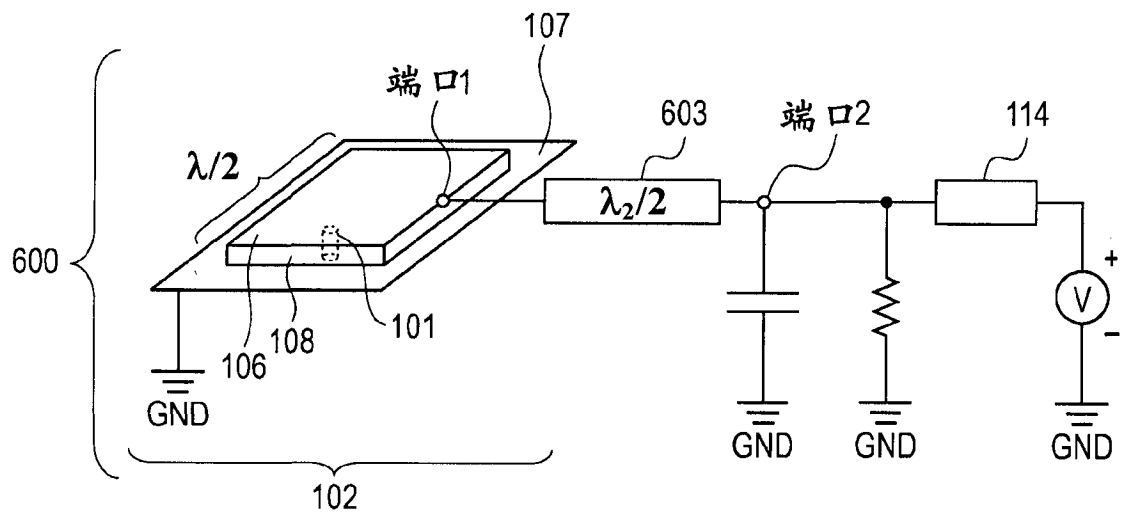


图 6B